INFORME DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

PARTÍCULAS MENORES A DIEZ MICRÓMETROS (PM_{10})

PROYECTO “MINA DE COBRE PANAMÁ”

PREPARADO PARA MINERA PANAMÁ, S.A.











ENERO, 2013

Informe del Monitoreo de Calidad de Aire

(Partículas Menores a Diez Micrómetros (PM_{10}))

Proyecto

"Mina de Cobre Panamá"

Preparado para:



Elaborado por:









Enero, 2013

CODESA CORPORACIÓN DE DESARROLLO AMBIENTAL, S.A.	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	Responsable	Control de calidad	Gerencia
Idoneidad DIPROCA-AA-003-2012	Venicia Cerrud	Roy Quintero	Ceferino Villamil

Índice

1.1 Introducción....4
1.2 Objetivo general 5
1.3 Objetivos específicos....5
1.4. Aspecto metodológico 6
1.4.1. Especificaciones de los equipos de medición....7
1.5. Resultados....8
1.6. Discusión 13
1.7. Conclusión....27
1.8. Recomendaciones 28
Anexos....30
Anexo 1.1 Data generada por los equipos de medición 31
Anexo 1.2 Índice Oraqi-Icaire 39
Anexo 1.3 Certificados de calibración de los equipos....41

1.1 Introducción

Los contaminantes del aire son sustancias que, cuando están presentes en la atmósfera, afectan de manera adversa la salud de los humanos, animales y plantas o vida microbiana; dañan materiales o interfieren con el disfrute de la vida (Henry y Heinke 1999).

Las partículas totales en suspensión (PTS) y las partículas menores a diez micrómetros (PM_{10}), pueden ser consideradas contaminantes del ambiente, lo cual está definido como todo agente físico, químico o biológico, capaz de alterar las condiciones del ambiente en el centro de trabajo, y que por su naturaleza, propiedades, concentración y tiempo de exposición, pueden alterar la salud de los trabajadores (Henry y Heinke 1999).

Dichas condiciones del ambiente de trabajo pueden ser perturbadas por la generación de partículas, producto de la fragmentación de sustancias sólidas o líquidas; ya sea por procesos físicos o mecánicos, además de los polvos que son partículas sólidas susceptibles a dispersarse o suspenderse en el aire, que son producto de la trituración, corte, taladro, esmerilado, impacto, pulverizado, cepillado, lijado, detonación o desintegración de materiales orgánicos e inorgánicos (MICI- DGNTI 2001).

Las emisiones de contaminantes al aire, pueden provenir de una amplia variedad de actividades durante las fases de construcción, operación y abandono de un proyecto. Estas actividades pueden clasificarse según las características espaciales de la fuente de emisión, incluyendo fuentes fijas, fugitivas y móviles (Echeverri y Maya 2008).

El contaminante más común presente en las emisiones de fuentes fugitivas es el polvo, o las partículas sólidas; este elemento se libera durante determinadas operaciones, como el transporte o almacenaje al aire libre de materiales sólidos, así como desde superficies de tierra descubiertas (carreteras sin asfaltar). La emisión supone su posterior dispersión o difusión en el aire y finalmente, su inhalación por el trabajador (Banco Mundial 2007).

Las partículas que permanecen suspendidas en la atmósfera durante prolongados períodos, se encuentran predominantemente en la gama de tamaños comprendida entre 0.1 y 10 µm. El tamaño de las partículas es un factor muy importante en la determinación de los efectos sobre la salud, ya que estas pueden quedar atrapadas en las vías respiratorias (Echeverri y Maya 2008).

La evidencia epidemiológica indica que un aumento en 10 $\mu g/m^3$ en las partículas PM_{10} está asociado a un aumento alrededor del 1% en la mortalidad por todas las causas (OMS 2006).

Este documento corresponde al Cuarto Informe de Monitoreo de Calidad de Aire que se realizó en las zonas donde se ejecutan los trabajos de movimiento de tierra del Proyecto "Mina de Cobre Panamá" (Área de Punta Rincón, Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600, Campamento 600, Cantera Old Petaquilla, Cantera Camino Corto, Área del Pit Botija, Área de Camino a la Costa, Campamento Santa Fe y Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez.), cuyo fin es el de conocer las concentraciones de Partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}) a las que están expuestos los trabajadores del Proyecto.

1.2 Objetivo general

Determinar y evaluar las concentraciones de las Partículas Menores a 10 Micrómetros (PM_{10}), a las que están expuestos los trabajadores del Proyecto "Mina de Cobre Panamá" y los habitantes de la vivienda más cercana al Proyecto "Ampliación de la Sub-estación de Llano Sánchez".

1.3 Objetivos específicos

- Identificar las actividades generadoras de partículas.
- Medir los niveles de PM_{10} en las áreas del Proyecto.
- Realizar el monitoreo de PM_{10} en la vivienda más cercana al área de influencia del Proyecto "Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez".

Analizar y comparar los resultados de las mediciones con los niveles máximos permisibles que establecen las normas de referencia Organización Mundial de la Salud (OMS), Oack Ridge Air Quality Index (ORAQI[1]), a través del índice de calidad del aire (ICAIRE) y el Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiente para la República de Panamá.

1.4. Aspecto metodológico

En el Proyecto "Mina de Cobre Panamá", se realizaron inspecciones en las áreas donde se desarrollaban los trabajos de movimiento de tierra, específicamente en Punta Rincón, Campamento 600, Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600, Cantera Old Petaquilla, Cantera Camino Corto, Área del Pit Botija, Área del Camino a la Costa, Campamento Santa Fe y Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez.

Para medir la concentración de partículas menores a diez micrómetros (PM_{10}), se realizó lo siguiente:

- Se establecieron los puntos de monitoreo para realizar la toma de datos, considerando la cercanía a la fuente o las actividades generadoras de partículas.
- Desarrollo de los monitoreos por un periodo de 3, 5, 7, 8 y 24 horas.

Para el monitoreo de calidad de aire en ambientes laborales, se utilizó como referencia, la metodología establecida en la Norma NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), específicamente el método NIOSH 0600.

Para los monitoreos se utilizaron dos Microdust Pro (de la marca Casella) calibrados con un adaptador para el filtro de espuma de poliuretano (filtro para PM_{10}), además se le colocó una

[1] El ORAQI es uno de los índices más importantes de calidad de aire que evalúa la concentración media de los cinco contaminantes principales (NO_2, SO_2, CO, Pb y CxH_Y). Este índice se puede generalizar incluyendo otros productos contaminantes de esta manera podemos definir un índice de calidad aire (ICAIRE) que incluye otros contaminantes como PM_{10}, PTS y CL_2. El rango de valorización se mide en % y va desde 0% (Calidad de aire con serias amenazas de toxicidad y 100% (Calidad de aire excelente). La unidad que aplica para este ICAIRE es $\mu g/m^3$.

bomba de succión[2] Apex. Cada uno de los Microdust Pro se colocaron en trípodes a una altura de 1.5 metros, en dirección a la fuente generadora de partículas desde el nivel de suelo. (Ver Certificados de Calibración en el Anexo 1.3).

Los monitoreos de calidad de aire en ambientes laborales, se realizaron en aquellas áreas donde se realizaba movimiento de tierra. Los resultados obtenidos se comparan con los límites máximos permisibles que establece el Reglamento Técnico DGNTI[3]-COPANIT[4] 43-2001 (CPT: 5 mg/m^3 para 8 horas de exposición y CCT: 10 mg/m^3 para una exposición a corto tiempo).

El resultado del monitoreo de calidad de aire ambiental de 24 horas (Method EPA-Appendix J to part 50), realizado en la casa más cercana (Familia Ledezma-Aranda) al área de la ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez, se compara con los límites máximos permisibles que sugiere la Organización Mundial de la Salud (OMS), Oack Ridge Air Quality Index (ORAQI[1]), a través del índice de calidad del aire (ICAIRE) y el Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiente para la República de Panamá.

1.4.1. Especificaciones de los equipos de medición

En la Tabla 1.1 se presenta la información general de los equipos que se utilizaron para los monitoreos.

---

[2] Bomba de succión :. Bomba portátil de muestreo de aire. Rango de caudal 5 ml/min a 5 l/min.
[3] DGNTI: Dirección General de Normas y Tecnología Industrial.
[4]COPANIT: Comisión Panameña de Normas Industriales y Tecnología.

Tabla 1.1. Descripción de los equipos de monitoreo de partículas

Información Técnica		
Equipo empleado	Microdust Pro-Casella (PM_{10})	
Serie	2411086	1079216
Fecha de la última calibración	22 de agosto de 2012	2 de agosto de 2012
Norma aplicada	CPT[5]: 5 mg/m^3 CCT[6]: 10 mg/m^3 Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001.	
	Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiente para la República de Panamá. Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI) - Índice de Calidad de Aire (ICAIRE). Organización Mundial de la Salud (OMS).	
Días de las mediciones	(21 - 25 de enero) y (28 - 30 de enero) del 2013	
Nombres de los técnicos	Venicia Cerrud y Jorge Ortega	

Fuente: Especificaciones de los equipos técnicos y data de trabajo de campo. CODESA, 2013.
(Ver los certificados de calibración en el Anexo 1.3).

1.5. Resultados

La Tabla 1.2 muestra los datos de las mediciones efectuadas en las diferentes áreas del Proyecto (Ver Anexo 1.1. Data generada por los equipos de medición).

---

[5] CPT: Concentración promedio ponderada en el tiempo para 8 horas de exposición.
[6] CCT: Concentración para exposición a corto tiempo. En el cual no debe ser excedido de 15 min, hasta 4 veces por jornada y con períodos de falta de exposición, al menos 1 hora entre dos exposiciones sucesivas.

Tabla 1.2. Datos de las mediciones efectuadas en las diferentes áreas del Proyecto

Área	Hora y fecha	Coordenadas	Parámetro	Área de exposición
Construcción del Campamento en Punta Rincón	10:01 a.m. 22/1/2013	E 0533501 N 0995718	PM_{10}	Movimiento de tierra
Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600	8:05 a.m. 23/1/2013	E 0537823 N 0975316	PM_{10}	Movimiento de tierra
Campamento 600	8:02 a.m. 23/1/2013	E 0537509 N 0975283	PM_{10}	Movimiento de tierra
Cantera Old Petaquilla	8:15 a.m. 24/1/2013	E 0536545 N 0975471	PM_{10}	Movimiento de tierra
Cantera Camino Corto	8:20 a.m. 24/1/2013	E 0538243 N 0976537	PM_{10}	Movimiento de tierra
Área de Pit Botija	8:26 a.m. 25/1/2013	E 0538501 N 0977406	PM_{10}	Movimiento de tierra
Campamento Santa Fe	8:00 a.m. 28/1/2013	E 0539753 N 0978257	PM_{10}	Movimiento de tierra
Área de Camino a la costa	8:37 a.m. 28/1/2013	E 0539559 N 0980934	PM_{10}	Movimiento de tierra
Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez (Familia Ledezma)	9:58 p.m. 29-30/1/2013	E 0532883 N 0905972	PM_{10}	Movimiento de tierra

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2013.

En la Tabla 1.3 se comparan los resultados de las mediciones de PM_{10} y los límites permisibles que establece la norma panameña para 3, 5, 7 y 8 horas de exposición.

Tabla 1.3. Comparación entre los resultados del monitoreo de PM_{10} y el límite permisible que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001

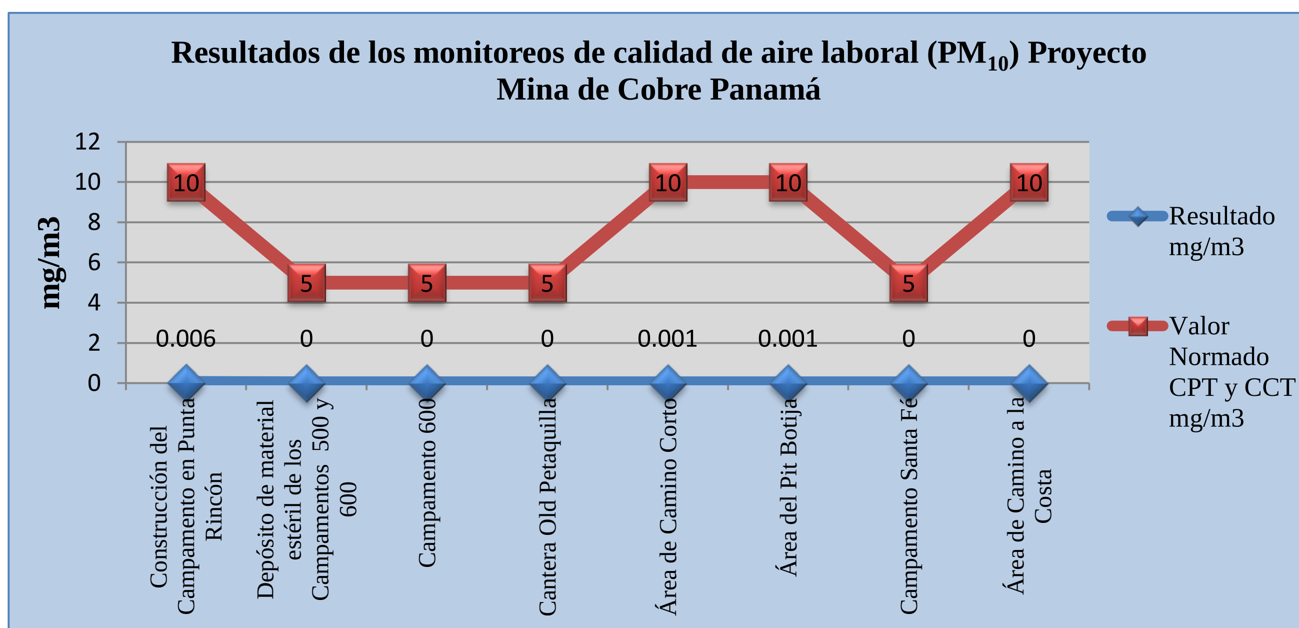
Área	Parámetro	Horas muestreadas	Resultado mg/m³	Norma Nacional[7] (CPT; CCT mg/m³[8])
Construcción del Campamento en Punta Rincón	**PM_{10}**	5 horas	0.006	10
Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600	**PM_{10}**	8 horas	N.D[9]	5
Campamento 600	**PM_{10}**	8 horas	N.D[10]	5
Cantera Old Petaquilla	**PM_{10}**	8 horas	N.D[10]	5
Cantera Camino Corto	**PM_{10}**	7 horas	0.001	10
Área del Pit Botija	**PM_{10}**	3 horas	0.001	10
Campamento Santa Fe	**PM_{10}**	8 horas	N.D[10]	5
Área de Camino a la Costa	**PM_{10}**	7 horas	N.D[10]	10

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2013.

En la Gráfica 1.1 se muestran los resultados de las mediciones en comparación con los límites máximos permisibles que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001.

[7] Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001
[8] mg/m³ miligramos aproximados de partículas por metro cúbico.
[9] N.D. No Detectable

Gráfica 1.1. Resultados de las mediciones en comparación con el valor normado



Fuente: CODESA, 2013.

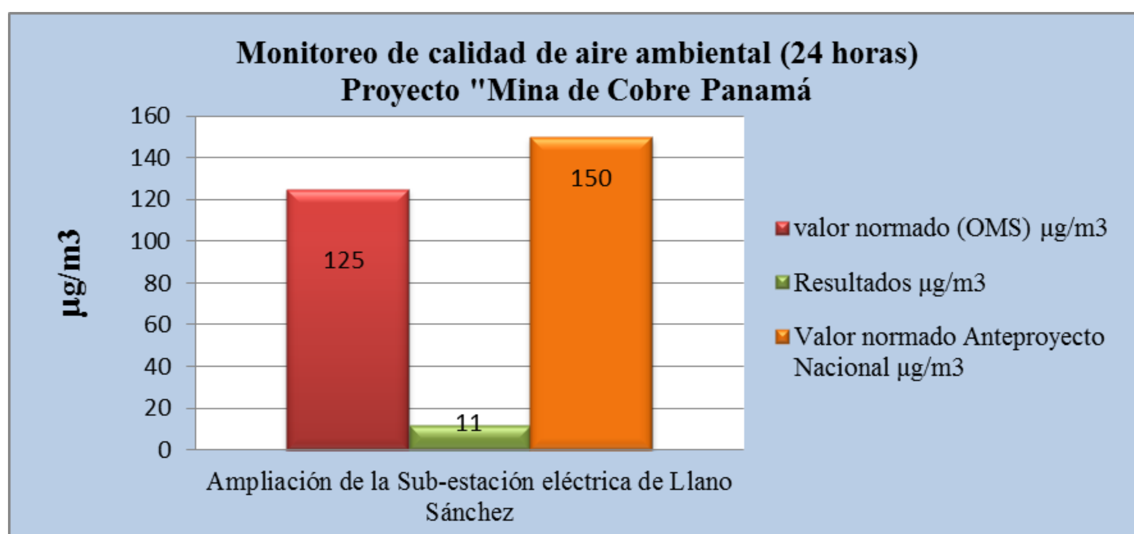
En la Tabla 1.4 y en la Gráfica 1.2 se presenta el resultado de PM_{10} y el límite máximo permisible que establece la Norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiente para la República de Panamá, para una medición 24 horas. La unidad en que se expresan los resultados en los equipos de medición es mg/m^3; sin embargo, para poder compararlos con las normas de referencia se hizo la conversión de unidades a $\mu g/m^3$.

Tabla 1.4. Comparación entre el resultado obtenido y los límites máximos permisibles que establecen las normas de referencias en un monitoreo por 24 horas)

Área	**Parámetro**	**Horas muestreadas**	**Resultado µg/m^3**	**Norma internacional (OMS) µg/m^3**	**Anteproyecto nacional µg/m^3**
Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez (Flia. Ledezma)	**PM_{10}**	24 horas	11	125	150

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2013. Leyenda: El resultado del monitoreo es el promedio de las tres (3) mediciones de 8 horas, expresadas en µg/m^3.

Grafica 1.2. Resultado de la medición de 24 horas en comparación con los valores normados



Fuente: CODESA, 2013.

En la Tabla 1.5 se presenta el resultado del monitoreo de 24 horas y el porcentaje de la calidad del aire ambiental, según el Oack Ridge Air Quality Index (ORAQI-ICAIRE).

Tabla 1.5. Resultado del monitoreo y el porcentaje de la calidad del aire (24 Horas)

Área	Parámetro	Horas muestreadas	Resultado µg/m³	ORAQI-ICAIRE (%)[10]
Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez (Familia Ledezma).	**PM_{10}**	24 horas	11	100

Fuente: CODESA, 2013. Ver Anexo 1.3. Índice ORAQI-ICAIRE.

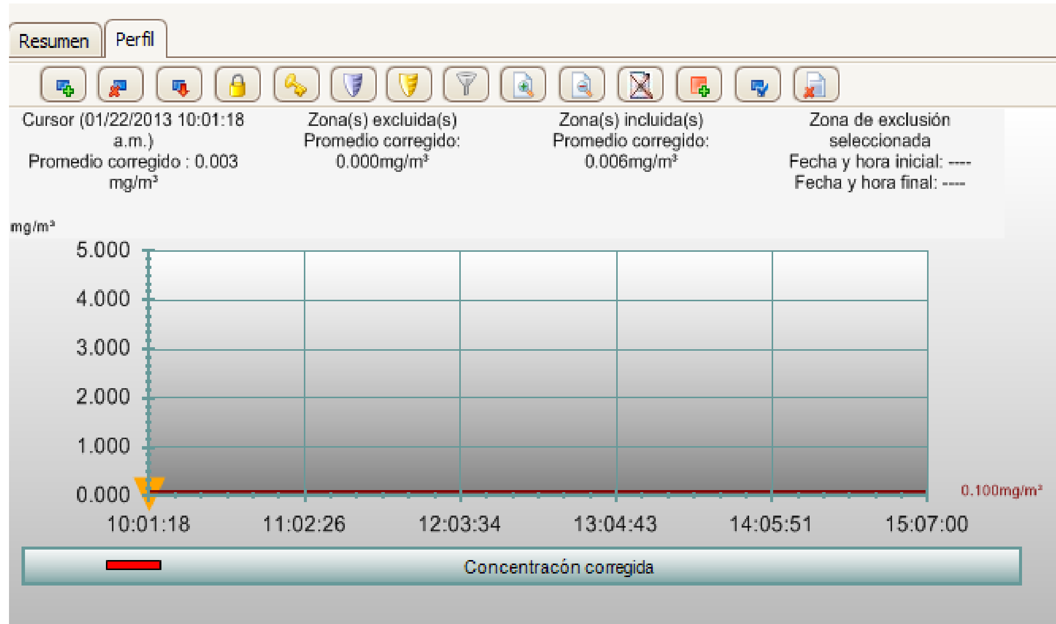
1.6. Discusión

Los resultados de las mediciones de PM_{10} en las áreas monitoreadas, indican que las concentraciones de dichas partículas, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que establecen las normas de referencia.

La Gráfica 1.3 indica que la concentración de partículas en el área de Punta Rincón se mantuvo constante e inferior al límite máximo permisible que establece la norma utilizada como referencia, durante toda la medición (Ver Imágenes 1.1 y 1.2, y la Gráfica 1.1). Es importante mencionar que el terreno en esta zona se encontraba húmedo.

[10] Oack Ridge Air Quality Index (ORAQI) - Índice de calidad de aire (ICAIRE), se manifiesta en %.

Gráfica 1.3. Data generada durante las 5 horas de monitoreo en el área de construcción del Campamento de Punta Rincón



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.





Imágenes 1.1 y 1.2. Monitoreo de PM_{10} en el área de construcción del Campamento en Punta Rincón (E 0533501/ N 0995718)

Las fuentes generadoras de partículas que se identificaron en el área de Punta Rincón fueron:

- Máquina compactadora y excavadoras hidráulicas (Ver Imágenes 1.3. y 1.4).

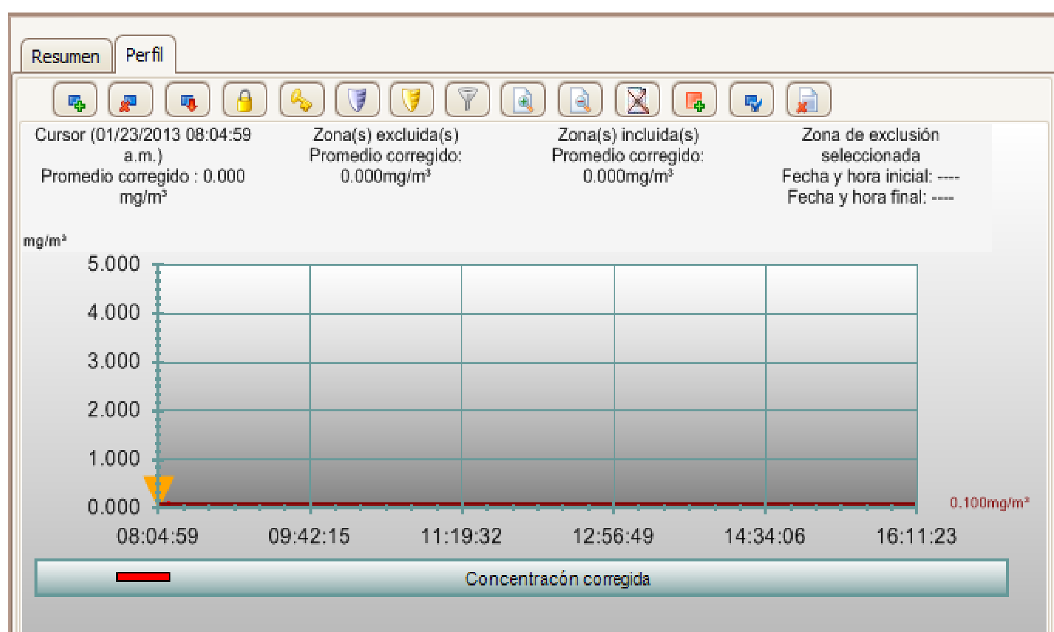




Imágenes 1.3 y 1.4. Fuentes generadoras de partículas en el área de construcción del Campamento en Punta Rincón (Coordenadas E 0533556 / N 0995697)

La generación de partículas respirables en el área de Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600 se mantuvo constante, durante todo el monitoreo (Ver Gráfica 1.4 e Imágenes 1.5 y 1.6). La concentración de estas partículas se mantiene dentro del límite máximo establecido en la normativa utilizada de referencia (Ver Tabla 1.3 y la Gráfica 1.1).

Gráfica 1.4. Data generada durante las 8 horas de medición en el Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.





Imágenes 1.5 y 1.6. Monitoreo de PM10 en el Depósito de material estéril de los Campamento 500 y 600 (Coordenadas E 0537823 / N 0975316)

En esta área se identificaron como fuentes generadoras de partículas: el tractor de cadena, la excavadora hidráulica y los camiones volquetes (Ver Imágenes 1.7 y 1.8).

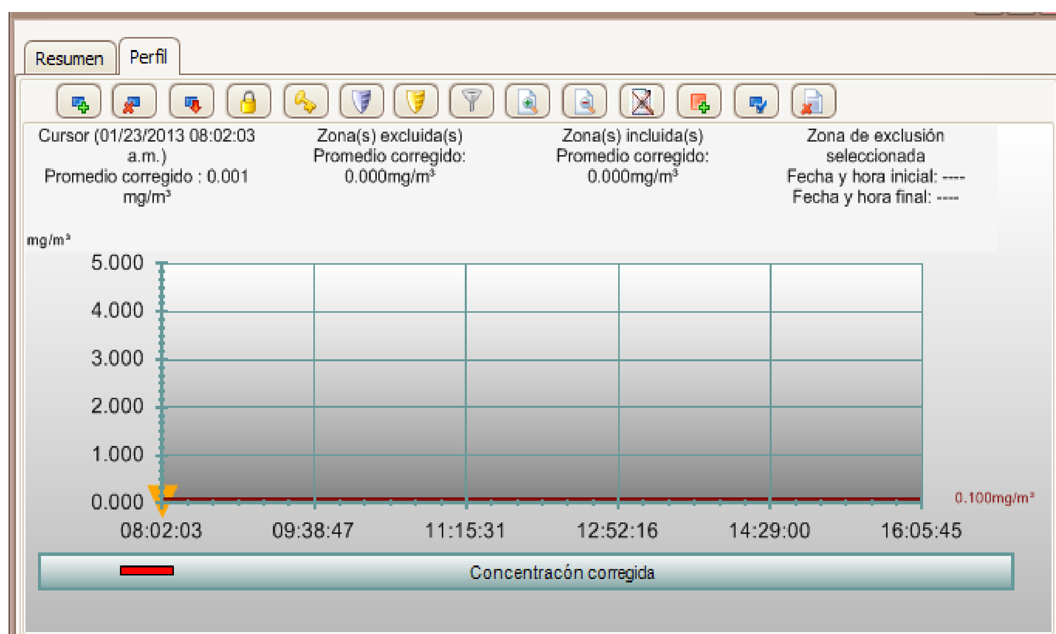




Imágenes 1.7 y 1.8. Fuentes generadoras de partículas en el Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600 (Coordenadas E 0537810 / N 0975305)

En el área del Campamento 600 (Ver Imágenes 1.9 y 1.10), la generación de partículas en suspensión se mantuvo constante durante las 8 horas de monitoreo (Ver Gráfica 1.5.). Los niveles de estas partículas se mantienen por debajo del límite máximo permisible que establece la normativa utilizada como referencia. (Ver Gráfica 1.1).

Gráfica 1.5. Data generada durante las 8 horas de medición en el Campamento 600



Fuente: software. CODESA, 2013.





Imágenes 1.9 y 1.10. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en el área del Campamento 600 (Coordenadas E 0537509 / N 0975283)

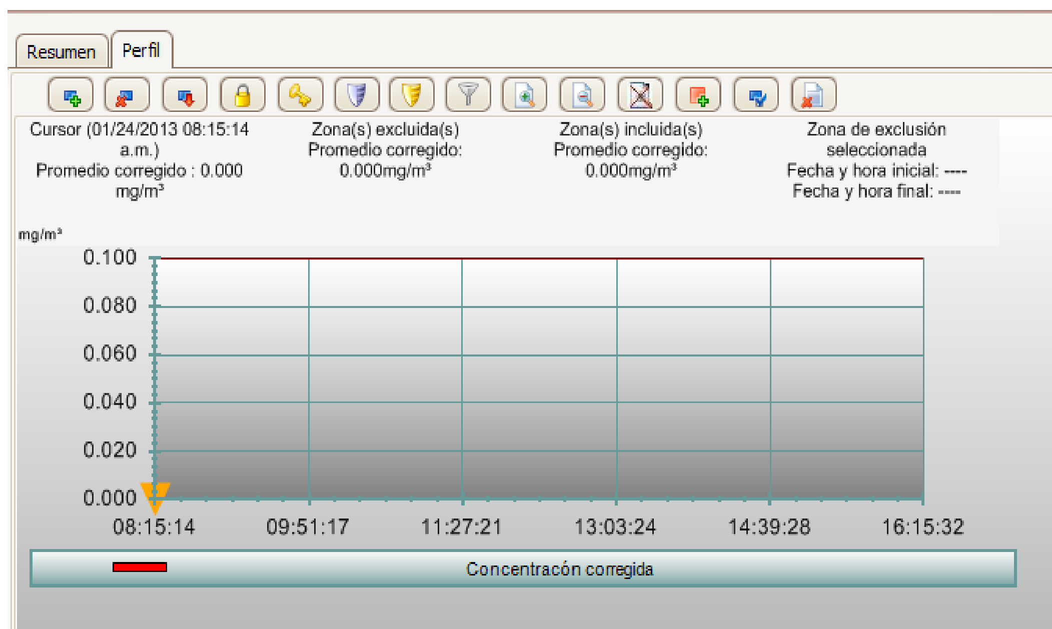
Entre las fuentes generadoras de partículas en esta zona, están: la pala o excavadora hidráulica y los camiones articulados (Ver Imágenes 1.11 y 1.12).




Imágenes 1.11 y 1.12. Principales fuentes generadoras de partículas en el área del Campamento 600 (Coordenadas E 0537501 / N 0975270)

La concentración de partículas menores a 10 micrómetros medida en la Cantera Old Petaquilla, estuvo por debajo del nivel mínimo de detección del equipo. (Ver Gráfica 1.6 e Imágenes 1.13 y 1.14). Este resultado se pudo atribuir a las condiciones climáticas en el área, ya que el suelo se encontraba húmedo debido a las lluvias presentes en la zona.

Gráfica 1.6. Data generada durante las 8 horas de medición en Cantera Old Petaquilla



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.





Imágenes 1.13 y 1.14. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en la Cantera Old Petaquilla (Coordenadas E 0536545 / N 0975471)

Entre las fuentes generadoras de polvo observadas están: pala o excavadora hidráulica y camiones articulados (Ver Imágenes 1.15 y 1.16).

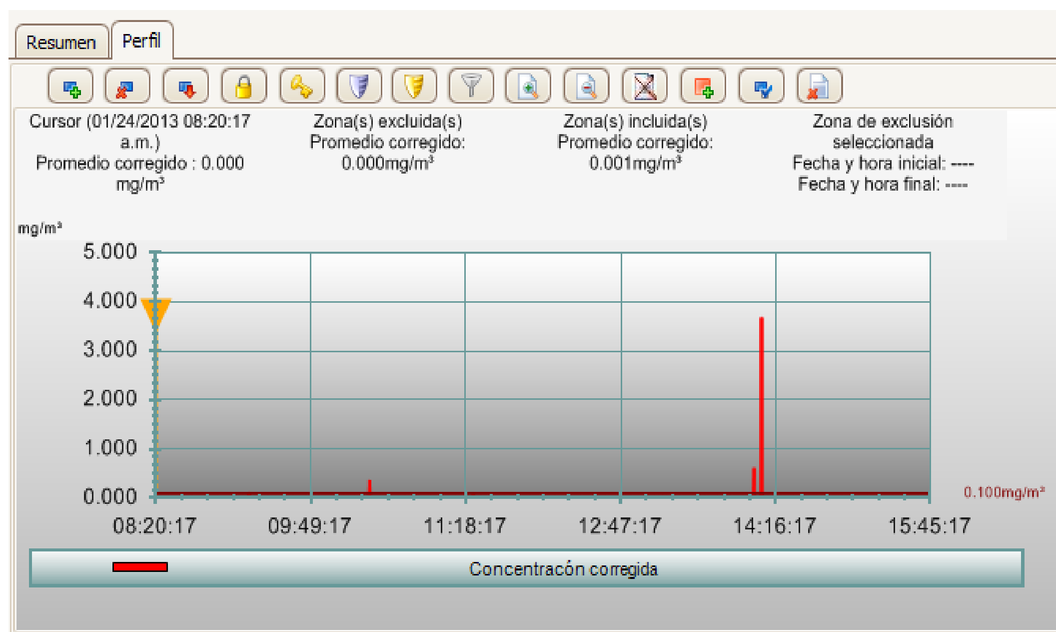




Imágenes 1.15 y 1.16. Fuentes generadoras de partículas en el área de Cantera Old Petaquilla (Coordenadas E 0536530 / N 0975472)

Durante las 7 horas de medición en Cantera Camino Corto, se registró que las concentraciones de las partículas menores a 10 micrómetros se incrementaron a partir de las 2:08 p.m. (Ver Gráfica 1.7), debido probablemente, al uso de la perforadora (Ver Imágenes 1.17, 1.18, 1.19 y 1.20). los valores registrados se encuentran por debajo del límite establecido por la normativa de referencia. Las principales maquinarias generadoras de polvo son: la perforadora, la pala o excavadora hidráulica y los camiones articulados.

Gráfica 1.7. Data generada durante las 7 horas de medición en Cantera Camino Corto



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.





Imágenes 1.17 y 1.18. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en Cantera Camino Corto (Coordenadas E 0538243 / N 0976537)

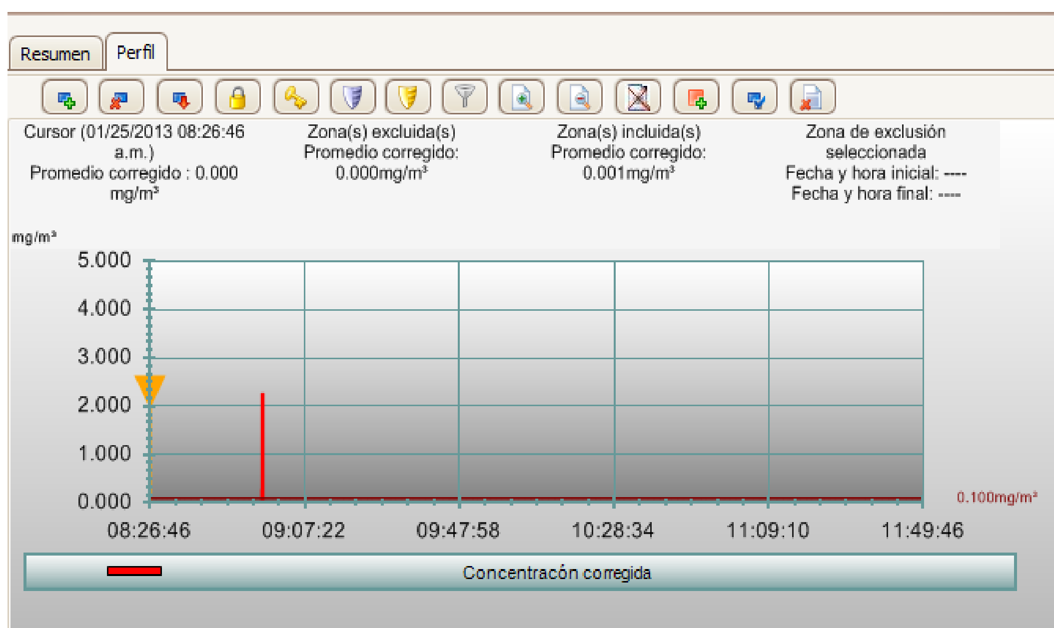




Imágenes 1.19 y 1.20. Fuentes generadoras de polvo en el área de Cantera Camino Corto (Coordenadas E 0538237 / N 0976559)

A las 8:56 a.m. se produjo un aumento en los niveles de partículas de polvo menores a 10 micras (hasta 6.155 mg/m^3), en el Área del Pit Botija (Ver Gráfica 1.8.). Este aumento pudo ser causado por el movimiento de camiones articulados y vehículos particulares en el área (Ver Imágenes 1.21, 1.22 y 1.23). En ésta área el monitoreo de $PM_{10,}$ se realizó por 3 horas, ya que el personal culminó sus labores en horas del mediodía.

Gráfica 1.8. Data generada durante las 3 horas de medición en el Área del Pit Botija



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.



Imagen 1.21. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en el Pit Botija
(Coordenadas E 0538501 / N 0977406)





Imágenes 1.22 y 1.23. Fuentes generadoras de polvo en el área del Pit Botija (Coordenadas E 0538558 / N 0977416)

En la Gráfica 1.9 se observa que la concentración de partículas respirables en el área del Campamento Santa Fe se mantuvo por debajo del límite máximo que establece la normativa utilizada como referencia. Las fuentes generadoras de partículas que se observaron en el área fueron, los camiones volquetes y la pala o excavadora hidráulica (Ver Imágenes 1.24, 1.25 y 1.26).

Gráfica 1.9. Data generada durante las 8 horas de medición en el Campamento Santa Fe



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.





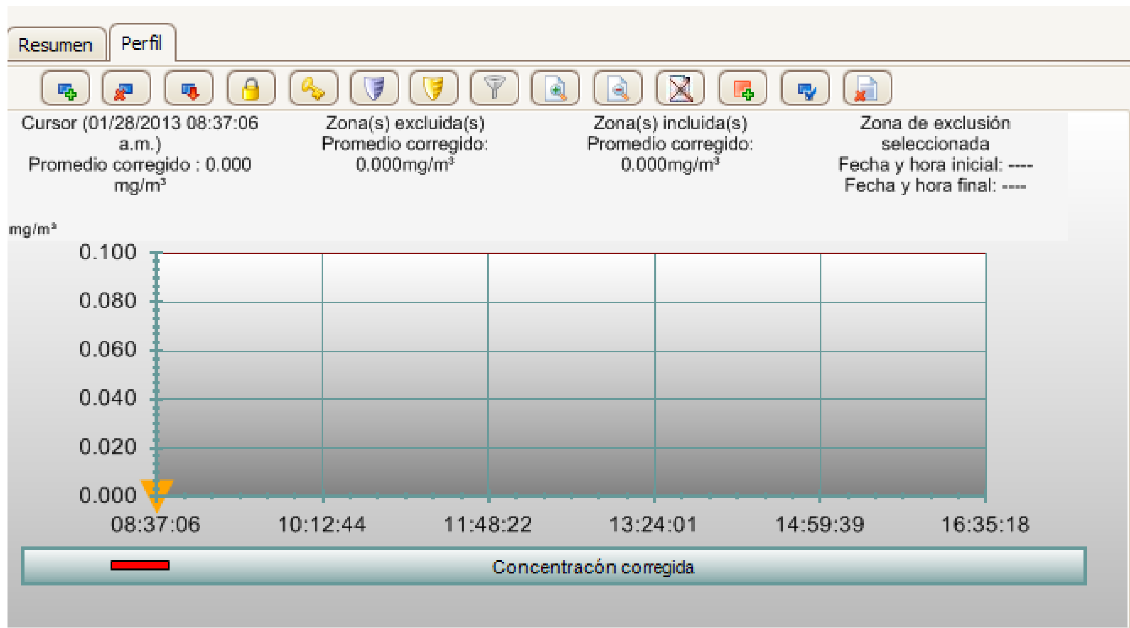
Imágenes 1.24 y 1.25. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en el Campamento Santa Fe (Coordenadas E 0539753 / N 0978257)



Imagen 1.26. Fuentes generadoras de polvo en el área del Campamento Santa Fe (Coordenadas E 0539753 / N 0978257)

Para el área de Camino a la Costa, (Ver Gráfica 1.10) el monitoreo de PM_{10} indica que la generación de partículas de polvo en suspensión no fue detectable, debido a las condiciones húmedas del terreno. En las Imágenes 1.27, 1.28, 1.29 y 1.30, se muestran las evidencias del monitoreo de calidad de aire en esta zona.

Gráfica 1.10. Data generada durante las 8 horas de medición en el Camino a la Costa



Fuente: Datos del software. CODESA, 2013.





Imágenes 1.27 y 1.28. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en el área de Camino a la Costa (Coordenadas E 0539559 / N 0980934)





Imágenes 1.29 y 1.30. Fuentes generadoras de polvo en el área de Camino a la Costa (Coordenadas E 0539562 / N 0980939)

Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez (24 horas).

El monitoreo de calidad de aire ambiental (24 horas) realizado en la vivienda más cercana (Familia Ledezma) al área de ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez, (Ver Imágenes 1.31 y 1.32), registró valores que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que establecen las normas de referencia, tal como se muestra en la Tabla 1.4 y en la Grafica 1.2.





Imágenes 1.31 y 1.32. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) cerca de la ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez (Coordenadas E 0532883 / N 0905972)

En esta área se detectaron fuentes generadoras de partículas de polvo como: los camiones articulados y vehículos particulares. En esta zona el terreno permaneció seco durante toda la medición (Ver Imágenes 1.33 y 1.34).





Imágenes 1.33 y 1.34. Fuentes generadoras de polvo en el área de la Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez (Coordenadas E 0532861 / N 0905713)

La Tabla 1.5 indica que el índice de la calidad del aire alrededor de la casa más cercana al Proyecto (Familia Ledezma), se encuentra en un 100 %, según el ORAQI-ICAIRE (Ver Anexo 1.3).

1.7. Conclusión

Los resultados de las mediciones de Partículas menores de 10 micras o micrómetros (PM_{10}) que se realizaron en los diferentes frentes de trabajo del Proyecto "Mina de Cobre Panamá", indican que las concentraciones de estas partículas se encuentra por debajo de los límites máximos establecidos en la normativa utilizada como referencia.

Según el índice de ORAQI-ICAIRE, los trabajos de la Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez, no han afectado la calidad del aire en la vivienda de la Familia Ledezma, ya que presenta 100% de calidad de aire.

1.8. Recomendaciones

- Intensificar las inspecciones internas para verificar el uso correcto de los equipos de protección respiratoria por el personal que labora en el Proyecto.

- Continuar con las capacitaciones de salud y seguridad ocupacional a los colaboradores del Proyecto "Mina de Cobre Panamá"; específicamente sobre el uso adecuado del equipo de protección respiratoria.

- Continuar con los monitoreos de calidad de aire que se requieren para este Proyecto.

1.9. Bibliografía

- BM (Banco Mundial). 2007. Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero. Corporación Financiera Internacional del BM. 40 p.

- Echeverri L, CA; Maya V, GJ. 2008. Relación entre las Partículas finas (PM2.5 y respirables (PM10) en la ciudad de Medellín. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Colombia. Vol. 7, No. 12, pág. 23-42.

- Henry, JG; Heinke, GW. 1999. Ingeniería Ambiental. 2da. Edición. Pearson Prentice Hall, México. 788 p.

- MICI - DGNTI. (Ministerio de Comercio e Industria - Dirección General de Normas y Tecnología Industrial). 2001. Reglamento Técnico DGNT-COPANIT 43-2001. Higiene y seguridad industrial. Condiciones de higiene y seguridad para el control de la contaminación atmosférica en ambientes de trabajo producida por sustancias químicas. República de Panamá.

- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Las directrices sobre la calidad del aire en la protección de la Salud Pública. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html.

Anexos

Anexo 1.1

Data generada por los equipos de medición

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Construcción del Campamento en Punta Rincón

Resumen | Perfil

Número serie	1079216
Fecha y hora inicial	01/22/2013 10:01:21 a.m.
Duración HH:MM:SS	05:05:36
Notas	PM10
Promedio corregido	0.006 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.030 mg/m³ 01/22/2013 12:34:09 p.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/22/2013 11:08:57 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Depósito de material estéril de los Campamentos 500 y 600

Resumen | Perfil

Número serie	1079216
Fecha y hora inicial	01/23/2013 08:05:02 a.m.
Duración HH:MM:SS	08:06:18
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	1.377 mg/m³ 01/23/2013 08:05:19 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/23/2013 08:05:02 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Campamento 600

Resumen | Perfil

Número serie	1079216
Fecha y hora inicial	01/23/2013 08:02:06 a.m.
Duración HH:MM:SS	08:03:36
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.004 mg/m³ 01/23/2013 08:02:26 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/23/2013 08:02:12 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Cantera Old Petaquilla

Resumen | Perfil

Número serie	1079216
Fecha y hora inicial	01/24/2013 08:15:17 a.m.
Duración HH:MM:SS	08:00:12
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/24/2013 08:15:11 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/24/2013 08:15:17 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Cantera Camino Corto

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	01/24/2013 08:20:20 a.m.
Duración HH:MM:SS	07:24:54
Notas	
Promedio corregido	0.001 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	12.396 mg/m³ 01/24/2013 02:08:12 p.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/24/2013 08:20:20 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Área del Pit Botija

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	01/25/2013 08:26:49 a.m.
Duración HH:MM:SS	03:22:54
Notas	
Promedio corregido	0.001 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	6.155 mg/m³ 01/25/2013 08:56:17 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/25/2013 08:26:49 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Campamento Santa Fe

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	01/28/2013 08:00:40 a.m.
Duración HH:MM:SS	08:40:54
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.904 mg/m³ 01/28/2013 10:18:06 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/28/2013 08:00:40 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Área del Camino a la Costa

Resumen | Perfil

Número serie	1079216
Fecha y hora inicial	01/28/2013 08:37:09 a.m.
Duración HH:MM:SS	07:58:06
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/28/2013 08:37:03 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/28/2013 08:37:09 a.m.
Corrección aplicada	No

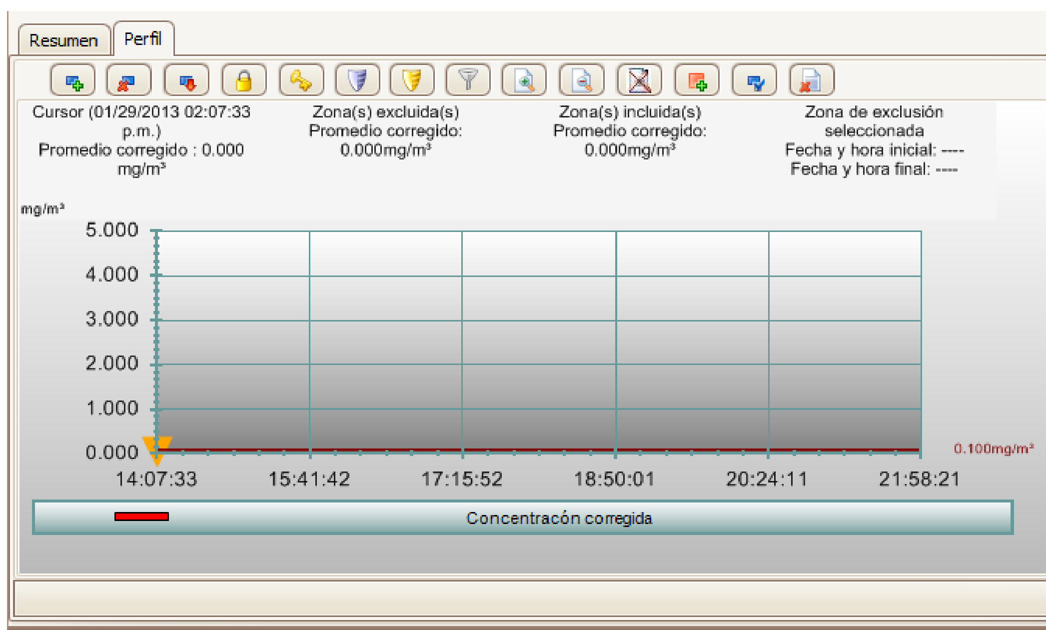
Resultado del monitoreo de PM_{10}– Ampliación de la Sub-estación eléctrica de Llano Sánchez

24 horas

Primer periodo

Resumen | Perfil

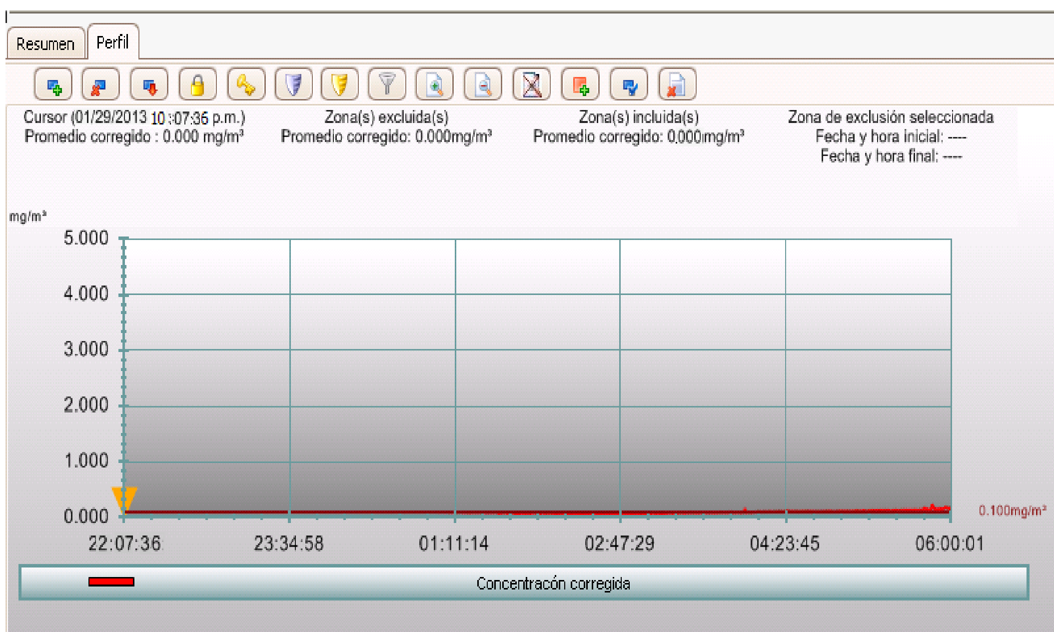
Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	01/29/2013 02:07:36 p.m.
Duración HH:MM:SS	07:50:42
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.012 mg/m³ 01/29/2013 07:25:15 p.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/29/2013 02:07:36 p.m.
Corrección aplicada	No



Segundo periodo

Resumen | Perfil

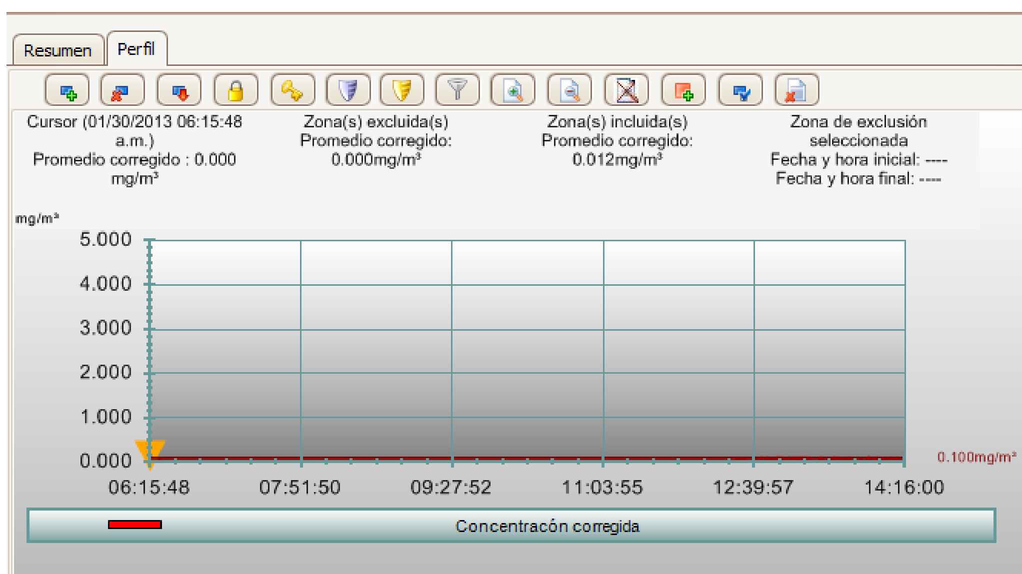
Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	01/29/2013 10:07:36 p.m.
Duración HH:MM:SS	08:00:42
Notas	
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.016 mg/m³ 01/30/2013 05:25:15 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/29/2013 10:07:36 p.m.
Corrección aplicada	No



Tercer periodo

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	01/30/2013 06:15:51 a.m.
Duración HH:MM:SS	08:00:06
Notas	
Promedio corregido	0.011 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.126 mg/m³ 01/30/2013 12:44:22 p.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 01/30/2013 06:15:51 a.m.
Corrección aplicada	No



Anexo 1.2

Índice ORAQI-ICAIRE

5.2 Índice de calidad del aire

Existen diversos índices que son capaces de medir la calidad ambiental del aire. Estos índices agrupan diversos factores y concentraciones de contaminantes y son capaces, mediante un número, el indicarnos la calidad ambiental de la atmósfera. Todos ellos evalúan las concentraciones de los contaminantes más importantes y frecuentes que podemos encontrar en la atmósfera.

Uno de los índices más importantes es el *Oack Ridge Air Quality Index* (ORAQI) que evalúa la concentración media de los cinco contaminantes principales: el dióxido de azufre (SO_2), las partículas en suspensión, el plomo (Pb), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (C_xH_y).

La concentración standard del ORAQI se refiere a un aire de una calidad media (de 0 a 100, un 50). En dicha concentración, los contaminantes toman los siguientes valores, en microgramos por metro cúbico (ug/m^3) :

contaminante	SO_2	*partículas*	NO_2	C_xH_y	CO	Pb
concentración (ug /m³)	*350*	*250*	*200*	*140*	*20.000*	*4*

Este índice puede generalizarse incluyendo otros productos contaminantes que podemos encontrarnos con facilidad. De esta manera, podremos definir un índice de calidad del aire (ICAIRE) mucho más general:

SO_2	*Part. en suspen-sión*	NO_2	C_xH_y	CO	*Part. sedimen-tales*	Pb	Cl_2	*Fluora-dos*	%
2.200	1.800	1.000	800	60.000	1.800	40	275	120	0
1.800	1.400	900	650	55.000	1.400	30	250	100	10
1.400	1.000	750	500	50.000	1.000	20	175	80	20
700	600	600	350	40.000	750	15	125	60	30
500	400	350	250	30.000	500	10	75	40	40
350	250	200	140	20.000	300	4	50	20	50
250	200	150	100	15.000	200	3	30	15	60
150	150	100	75	10.000	150	2	20	10	70
100	100	50	50	5.000	100	1,5	10	5	80
75	50	25	25	2.500	50	1	5	2,5	90
<50	<25	<10	<10	<1.000	<25	<0,25	<2,5	<1	100

Un aire de una extremada calidad (100%) tendría que tener los parámetros de la última fila de la tabla anterior. Desde que una de las concentraciones tome un valor relevante tendremos aire con una calidad no superior al valor porcentual correspondiente a dicha concentración. Es decir, una atmósfera con 4 ricrogramos por metro cúbico de Plomo nos dará un aire de calidad del 50%. Añadiremos que en la literatura existen índices que promedian todos los valores anteriores asignándoles un peso a cada uno de los contaminantes. Estos índices de calidad deberemos tomarlos en su justa medida ya que nos podemos encontrar con un aire de calidad promedio del 90% pero donde solo uno de los contaminantes a llegado a valores del 0% de calidad con serias amenazas de toxicidad.

Anexo 1.3

Certificados de calibración de los equipos

Certificados de Calibración de los Equipos de Medición de PM_{10}



CERTICADO DE CALIBRACION No. 0345

Fecha de revisión: **02 de Agosto del 2012**
Cliente: **CODESA**

Observaciones y/o trabajos a realizar:
2. Configuracion general.
3. Calibración de medidor de polvos en tiempo real (Filtro de correcion)

type: MICRODUST PRO / CASELLA Dust monitoring system
Serial N°: 1079216
Model: 176000A
Calibration Tech. Note: MVr.10, Manual Section 21
Standard Range: 0-2.5, 0.25, 0-250, 0-2500 mg/m3
Calibration insert: casella factory - 1079216 / F/R: 153.0
Datalog: Enabled
Battery: 2050mAh / 1.2V
Test Conditions: Temperature: 28 Deg. +/-5 C
Relative humidity: 35%+/-15%
Last Calibration: 02 de Agosto 2012

	Test Summary
Results:	ok
Dust Source:	indoor
Resolution/Acuracy:	± 1%
Exposure Reading:	0-2500 mg/m3
Insert Source:	152 mg/m3
Altern. measure:	153 mg/m3
Range Sensitivity:	pass 1.7±
Final Reading:	0.051mg/m3

Departamento Serv. Tecnico
Joel A Espinosa



CERTICADO DE CALIBRACION No. 0353

Fecha de revisión: **22 de Agosto del 2012**
Cliente: **CODESA**

Observaciones y/o trabajos a realizar:
2. Configuracion general.
3. Calibración de medidor de polvos en tiempo real (Filtro de correcion)

type: MICRODUST PRO / CASELLA Dust monitoring system
Serial N°: 2411086
Model: 176000A
Calibration Tech. Note: MVr.10, Manual Section 21
Standard Range: 0-2.5, 0.25, 0-250, 0-2500 mg/m3
Calibration insert: casella factory - 1079216 / F/R: 172.0
Datalog: Enabled
Battery: 2050mAh / 1.2V
Test Conditions: Temperature: 29 Deg. +/-5 C
Relative humidity: 38%+/-15%
Last Calibration: 22 de Agosto 2012

Test Summary

Results:	ok
Dust Source:	indoor
Resolution/Acuracy:	± 1%
Exposure Reading:	0-2500 mg/m3
Insert Source:	172 mg/m3
Altern. measure:	168 mg/m3
Range Sensitivity:	pass 0.9±
Final Reading:	0.014mg/m3

Departamento Serv. Tecnico
Joel A Espinosa